

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2001221022 A

(43) Date of publication of application: 17.08.01

(51) Int. Cl

F01L 9/04

F02D 13/02

F16K 31/06

(21) Application number: 2000027930

(22) Date of filing: 04.02.00

(71) Applicant

NISSAN MOTOR CO LTD

(72) Inventor:

CHOKAI MAKI
KAWABE TAKETOSHI
TANIGUCHI YASUHIRO

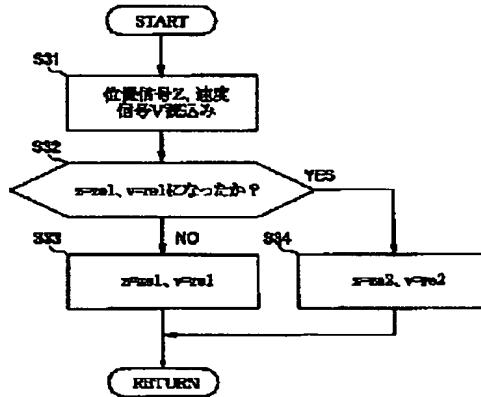
(54) CONTROL DEVICE FOR SOLENOID DRIVE
VALVE

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce collision sound and abrasion at the time of seating in a movable part of a solenoid drive valve.

SOLUTION: It is determined whether or not a gap z between a movable element moved by energizing force of a spring and an electromagnet substantially reaches a first control target position $ze1$, and the speed v of the element substantially reaches a first speed target value $re1$ or not. Before reaching, the control target position z is set to a first control target position $ze1$, and the speed v is set to the first speed target value $re1$. After reaching, the control target position z is set to a second control target position $ze2$, and the speed v is set to a second target value $re2$.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-221022

(P2001-221022A)

(43)公開日 平成13年8月17日 (2001.8.17)

(51)Int.Cl.
F 01 L 9/04
F 02 D 13/02
F 16 K 31/06
識別記号
3 1 0
3 2 0

F I
F 01 L 9/04
F 02 D 13/02
F 16 K 31/06
テ-マコ-ト(参考)
A 3 G 0 1 8
G 3 G 0 9 2
3 1 0 A 3 H 1 0 6
3 2 0 A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2000-27930(P2000-27930)

(22)出願日 平成12年2月4日 (2000.2.4)

(71)出願人 000003997
日産自動車株式会社
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(72)発明者 鳥海 真樹
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内
(72)発明者 川邊 武俊
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内
(74)代理人 100078330
弁理士 笹島 富二雄

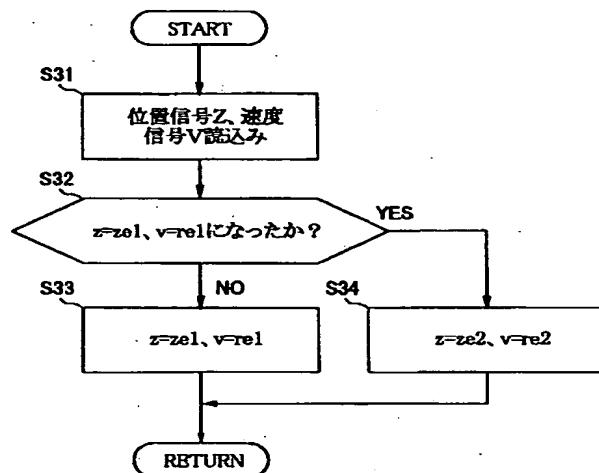
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電磁駆動弁の制御装置

(57)【要約】

【課題】電磁駆動弁の可動部における着座時の衝突音、
摩耗の低減などを図る。

【解決手段】スプリングの付勢力で移動する可動子と電
磁石とのギャップ z が、略第1の制御目標位置 z_{el1} 、可
動子の速度 v が略第1の速度目標値 r_{el1} になったか否か
を判定し、なる前は制御目標位置 z を第1の制御目標位置
 z_{el1} 、速度 v を第1の速度目標値 r_{el1} に設定し、な
った後は制御目標位置 z を第2の制御目標位置 z_{el2} 、速度
 v を第2の速度目標値 r_{el2} に設定する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】電磁石と、該電磁石によりスプリングの反力に抗して駆動される可動子及び該可動子に連係して駆動される弁体を備え、前記可動子の位置を検出しつつ前記電磁石を通電制御する電磁駆動弁の制御装置であって、

前記可動子の駆動中に、該可動子の制御目標位置を複数段階に切り換えて設定することを特徴とする電磁駆動弁の制御装置。

【請求項2】可動子の少なくとも1方向の移動時において、弁体の着座停止後、該弁体から離脱して可動子のみが所定量移動後停止するものにおいて、前記方向の移動時には、前記可動子の先に設定される制御目標位置を、後で設定される制御目標位置より前記電磁石から離れた位置に設定することを特徴とする請求項1に記載の電磁駆動弁の制御装置。

【請求項3】前記先に設定される制御目標位置は、前記弁体の着座停止位置における可動子位置近傍に設定され、後で設定される制御目標位置は前記電磁石に衝突する直前の位置に設定することを特徴とする請求項2に記載の電磁駆動弁の制御装置。

【請求項4】電磁駆動弁は、エンジンにおける吸・排気弁であり、前記方向の弁体の移動時は、閉弁時であることを特徴とする請求項2又は請求項3に記載の電磁駆動弁の制御装置。

【請求項5】可動部の少なくとも1方向の移動時において、可動子が前記電磁石に衝突する直前の位置で停止することにより、弁体が停止するものにおいて、前記方向の移動時には、前記可動子の先に設定される制御目標位置を、後で設定される制御目標位置より電磁石に接近した位置に設定することを特徴とする請求項1～請求項4のいずれか1つに記載の電磁駆動弁の制御装置。

【請求項6】電磁駆動弁は、エンジンにおける吸・排気弁であり、前記方向の弁体の移動時は、開弁時であることを特徴とする請求項5に記載の電磁駆動弁の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電磁駆動弁の制御装置に関し、特に、可動子の位置に応じた通電制御を行う電磁駆動弁の制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】車両用エンジンの吸排気弁の駆動方式において、従来のカムにより弁体を駆動するカム駆動方式に代えて、電磁力により弁体を駆動する電磁駆動弁が提案されている。この電磁駆動弁によれば、弁体駆動用のカム機構が不要となることに加えて、エンジンの動作状態に応じて吸排気弁の開閉時期を容易に最適化することができ、エンジンの出力向上及び燃費の向上を図ることができる。

2

【0003】このような電磁駆動弁の従来技術としては、特開平10-205314号公報記載の「ガス交換弁の電磁弁駆動部を制御する方法」（以下、第1従来技術）、特開平10-220622号公報記載の「幅の狭い構造の電磁式アクチュエータ」（以下、第2従来技術）が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】一般に電磁駆動弁では、弁体もしくは可動子（可動部）の一部が閉弁時および最大開弁時に電磁石と衝突する。そのため衝突時に騒音が発生する。また可動部や電磁石部分の強度を衝突に耐えるものとすると、電磁駆動弁として重量が増加したり、大きな駆動電力を必要としたりする。

【0005】このため第1従来技術、第2従来技術では電磁石の形状を変え、可動部と電磁石とが接触しない位置で磁力が最大となり、可動部が電磁石と衝突する前に停止保持される電磁駆動弁が開示されている。

【0006】しかしながら、第1従来技術、第2従来技術の方法で、可動部を電磁石と衝突する前に停止保持するには大きな磁力を発生させることが必要であり、電磁石磁気回路の大型化や駆動電力の大電力化を招きやすいという問題点があった。

【0007】本発明は、このような従来の課題に鑑みなされたもので、消費電力を節減しつつ可動子や弁体の衝突音や摩耗を低減できるようにした電磁駆動弁の制御装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】このため請求項1に係る発明は、電磁石と、該電磁石によりスプリングの反力に抗して駆動される可動子及び該可動子に連係して駆動される弁体を備え、前記可動子の位置を検出しつつ前記電磁石を通電制御する電磁駆動弁の制御装置であって、前記可動子の駆動中に、該可動子の制御目標位置を複数段階に切り換えて設定することを特徴とする。

【0009】請求項1に係る発明によると、可動子の駆動中に、制御目標位置を複数段階に切り換えて該制御目標位置に応じて前記電磁石を通電制御することにより、最適な状態に制御することができ、以って、可動子や弁体の衝突音低減、摩耗抑制、応答性などを向上することができる。また、請求項2に係る発明は、可動子の少なくとも1方向の移動時において、弁体の着座停止後、該弁体から離脱して可動子のみが所定量移動後停止するものにおいて、前記方向の移動時には、前記可動子の先に設定される制御目標位置を、後で設定される制御目標位置より前記電磁石から離れた位置に設定することを特徴とする。

【010】請求項2に係る発明によると、前記弁体の着座停止後、可動子のみがさらに移動してから停止するときに、先に設定される制御目標位置を、後で設定される制御目標位置より前記電磁石から離れた位置に設定す

ることにより、弁体の着座直前の速度を小さくして着座時の衝撃を低減しつつ、弁体着座後新たに設定される制御目標位置に向かって可動子を駆動する。

【0011】また、請求項3に係る発明は、前記先に設定される制御目標位置は、前記弁体の着座停止位置における可動子位置近傍に設定され、後で設定される制御目標位置は前記電磁石に衝突する直前の位置に設定されることを特徴とする。

【0012】請求項3に係る発明によると、弁体の着座時の速度を十分小さくして着座させつつ、可動子を電磁石に吸着される直前の位置で停止するように制御される。これにより、弁体の着座時の衝撃を極力低減できるとともに、可動子の衝突を抑制して衝突音、摩耗を防止することができ、弁体を電磁石により接近させることで消費電力も節減できる。

【0013】また、請求項4に係る発明は、電磁駆動弁は、エンジンにおける吸・排気弁であり、前記方向の弁体の移動時は、閉弁時であることを特徴とする。

【0014】請求項4に係る発明によると、吸・排気弁の閉弁時の衝突音を軽減でき、摩耗を抑制できる。また、請求項5に係る発明は、可動部の少なくとも1方向の移動時において、可動子が前記電磁石に衝突する直前の位置で停止することにより、弁体が停止するものにおいて、前記方向の移動時には、前記可動子の先に設定される制御目標位置を、後で設定される制御目標位置より電磁石に接近した位置に設定することを特徴とする。

【0015】請求項5に係る発明によると、先に設定される制御目標位置を、後で設定される制御目標位置より前記電磁石に接近した位置に設定することにより、弁体及び可動子の駆動初期の速度を大きくして応答性を高めつつ、可動子を電磁石から離れた位置で停止させるようにして、衝突音、摩耗を防止することができる。

【0016】請求項6に係る発明によると、電磁駆動弁は、エンジンにおける吸・排気弁であり、前記方向の弁体の移動時は、開弁時であることを特徴とする。

【0017】請求項6に係る発明によると、吸・排気弁の開弁時の応答性を確保しつつ衝突音、摩耗を防止できる。

【0018】

【発明の実施形態】次に図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。図1は、本発明に係る電磁駆動弁の制御装置を車両用エンジンに適用した全体構成を示す図である。

【0019】同図に示すように、エンジンのシリンダ51の上部に固定されたシリンダヘッド52には、吸気弁または排気弁となる弁体54（図2では単一の弁のみを示す）が設けられている。弁体54の上方に伸延する弁軸54aの上部には、スプリングリテナ55が固定され、該スプリングリテナ55とシリンダヘッド52との間には弁体54を閉弁側に付勢するコイルスプリング

56が設けられている。

【0020】またシリンダヘッド52の上部には電磁駆動弁のケースとなるハウジング60が立設されている。該ハウジング60の内部には、閉弁側電磁石11と、開弁側電磁石12とが所定の間隔をあけて上下に対向する位置に固定されている。これら閉弁側電磁石11と開弁側電磁石12との間には、軟磁性体の可動子（アーマチュア）57が可動子軸部材57aにより上下に滑動可能に支持されている。

【0021】閉弁側電磁石11より上方の位置には、可動子軸部材57aにスプリングリテナ58が固定され、ハウジング60の頂壁内面とスプリングリテナ58との間には、可動子57を開弁側に付勢するコイルスプリング59が設けられている。

【0022】またハウジング60の頂壁には、前記弁体54と可動子57とで構成される可動部の速度を検出し速度信号を出力する可動部速度センサ2、可動部の位置を検出し位置信号を出力する可動部位置センサ3が設けられ、これら速度信号及び位置信号は、電磁駆動弁の制御装置1に出力される。

【0023】さらに制御装置1は、エンジン制御ECU8から開弁指令／閉弁指令が伝達され、制御装置1は閉弁側電磁石電流制御部9及び開弁側電磁石電流制御部10に対して電流目標値を出力するようになっている。

【0024】閉弁側電磁石電流制御部9及び開弁側電磁石電流制御部10は、それぞれ入力された電流目標値に応じたPWM制御により電源部13から各電磁石11, 12へ電流を供給することにより電磁力を制御できるようになっている。

【0025】次に、電磁駆動弁および電磁駆動弁の制御装置の動作の概要を説明する。可動子57はコイルスプリング56, 59に懸吊されており、閉弁側電磁石11および開弁側電磁石12が通電していないとき、閉弁側電磁石11と開弁側電磁石12が概略中央に位置するよう、それぞれのコイルスプリング56, 59の寸法及びバネ定数が設定されている。

【0026】ここで、コイルスプリング56, 59と、弁54及び可動子57を含む可動部とで構成されるバネ・マス系の固有振動数 f_0 は、合成バネ定数をK、合計慣性質量をmとすると、 $f_0 = 2\pi\sqrt{K/m}$ であることが知られている。

【0027】さてエンジン始動前の初期動作において、上記固有振動数 f_0 に対応する周期で閉弁側電磁石11と開弁側電磁石12に交互に通電する。そして、可動部を共振させることにより徐々に可動部の振幅を増大させ、初期動作の最終段階で、閉弁又は開弁状態に維持される。

【0028】次に、エンジンの始動時または通常の稼働時には、例えば開弁時はまず閉弁側電磁石11の電流が切られ、可動部はコイルスプリングのバネ力により下方

に移動を開始する。摩擦力などによるエネルギー損失のため、バネ力だけで弁全開位置まで可動子57を移動させることはできない。そこで、可動子57が開弁側電磁石12に十分近づき、電磁力が有効となる位置で開弁側電磁石12が通電され、可動子57の運動を助勢する。

【0029】このとき制御装置1は可動部位置センサ3及び可動部速度センサ2から、可動子57の位置及び速度を入力し、可動部の速度が速度目標値を追従するよう開弁側電磁石電流制御部10に指令値を発する。制御装置の指令値に応じて開弁側電磁石12の電流が制御された結果（開弁側電磁石12の電磁力が制御された結果）、可動部は開弁側電磁石12と可動子57とのギャップが例えば数百ミクロンになる位置で停止する。

【0030】閉弁時は開弁側電磁石12の電流は切られる。可動子57と弁54はコイルスプリング59およびコイルスプリング56の力により上方へ移動するが、摩擦力などによるエネルギー損失のため、バネ力だけで閉弁位置まで可動子57を移動させることはできない。そこで、可動子57が閉弁側電磁石11に十分近づき、電磁力が有効となる位置で閉弁側電磁石11が通電され、可動子57の運動を助勢する。まず、弁が閉位置となり、一体化して移動していた弁と可動子57が分離する。可動子57は電磁力に助勢されてそのまま閉弁側電磁石11に接近する。制御装置は弁54と弁座52aとが激突（大きな速度での衝突）することがないよう可動部位置センサ3もしくは可動部速度センサ2が可動部の運動を検出し、閉弁側電磁石電流制御部9により閉弁側電磁石11の電流を調節する。このとき弁体と弁座52aとが当接する速度は、例えば0.1[m/s]以下になるよう可動部の速度が制御される。

【0031】また、可動子57と閉弁側電磁石11とのギャップが数百ミクロン以下となったとき、可動子57の目標速度がゼロとなり、可動子57は閉弁側電磁石11とのギャップが数百ミクロンの位置で停止するよう制御されるので、衝突することがなくなり、騒音発生が防止され、摩耗が防止される。

【0032】図2は、本発明に係る電磁駆動弁の制御装置の第1実施形態の構成を示すブロック図である。同図において、制御装置1は、前記可動部位置センサ3が出力する位置信号に基づいて可動部の速度目標値を生成する速度目標値生成部4と、前記可動部速度センサ2が出力する速度信号と速度目標値とを比較する比較部5と、該比較部5の比較結果に応じて前記閉弁側電磁石11または開弁側電磁石12に通電すべき電流目標値を生成する電流目標値生成部6と、該生成された電流目標値を前記閉弁側電磁石電流制御部9または開弁側電磁石電流制御部10のいずれに供給するかを切り換える切替器7とを備えている。

【0033】以下、各部の機能を詳細に説明する。速度目標値生成部4は、速度目標値rを、

【0034】

【数1】

$$r = \begin{cases} v(t) & (z(t) > z_{s0}) \\ r_1(z) & (z_s \leq z(t) \leq z_{s0}) \\ r_2(z) & (z(t) < z_s) \end{cases} \quad (1)$$

に示すように生成する（図3参照）。

【0035】ここでzは可動部位置センサ3の出力から演算される可動子57と可動子57を引きつけている電磁石との距離（ギャップ）、tは時刻、v(t)は可動部速度センサ2が検出した可動部の速度、または可動部位置センサ3が検出した位置信号の出力から演算されるzの時間微分値である。r1(z)、r2(z)はギャップzの関数として与えられる速度目標関数であり、これら速度目標関数が、本発明における可動部の複数の運動特性目標値に相当する。そして、第1の速度目標関数r1(z)は、ギャップzが次第に小さくなり第1の所定値z_{s0}になった時点 t_{s0}つまり電磁石への通電制御が開始される時点で選択され、ギャップzが更に減少して第2の所定値z_{s0}になった時点で第2の速度目標関数r2(z)が選択されて切り換える。前記第1の所定値z_{s0}はギャップzが小さくなり電磁力が有効になるギャップ長を基準に選ばれ、実際には1~3 [mm]程度である。

【0036】これら第1の速度目標関数r1(z)及び第2の速度目標関数r2(z)は次の条件を満たすように決定される。以下では、z、tの関数における(z)、(t)を省略する。

【0037】

【数2】

$$r_1 = -\frac{\omega^2}{s + 2\zeta\omega} (z - z_e) + r_e \quad (2)$$

$$r_2 = -c_1(z - z_e) + r_e \quad (3)$$

式(3)において、

$$c_1 = \frac{r_s - r_e}{(z_s - z_e)} \quad (4)$$

と選ぶと、速度目標関数の切り換点において、速度目標値を連続にすることができる。ここで、sはラプラス演算子、z_sは速度目標値を切り換える位置（設計者が与える所定値）、z_eは可動子の制御目標位置（設計者が与える所定値）、r_sは速度目標値を切り換える直前の速度目標値、ζ、ωは、設計者が適当に選ぶ定数である。

【0038】第1の速度目標関数r1は、着座までの時間を短くすることを主眼に設定された、応答の速い2次振動系の応答に基づいて設定された速度目標値であり、ζは、0.7付近、ωは [(m₁+m₂)/(k₁+k₂)]^{1/2}程度の値に選ぶ。ここで、m₁、m₂はそれぞれ可動子と弁の質量、k₁、k₂はそれぞれコイルスプリング5

9およびコイルスプリング56のバネ定数である。

【0039】一方、第2の速度目標関数 r_2 は、着座の速度を小さくすることを主眼に選ばれる。既述のように、式(3)、(4)のように選ぶと、速度目標値は z_e の位置で滑らかに接続される。式(3)を用いると、 r_2 は1次応答を元に設定されるので、可動部位置はオーバーシュートせず、漸近的に目標位置に収束するので、着座の衝撃を小さくすることができる。

【0040】前記速度目標値生成部4の構成を図4に示す。また、第2の速度目標関数 r_2 は、

【0041】

【数3】

$$r_2 = \frac{\omega^2}{s + 2\zeta_2\omega} (z - z_e) + r_e \quad (5)$$

とし、振動の減衰度を決定する定数 ζ_2 を1より大きくした非振動的な2次応答特性を有した関数を用いてもよい。

【0042】以上のようにして設定された速度目標値 r は、可動部速度センサ2によって検出された実際の可動部速度 v ($= dz/dt$)と比較部4により比較され、比較信号 ($v - r$)が電流目標値生成部6に出力される。電流目標値生成部6では、電流目標値 $i(t)$ を、次に示す式(6)のように生成する。

【0043】

【数4】

$$i(t) = \begin{cases} -k(v - r) & (r > v) \\ 0 & (r \leq v) \end{cases} \quad (6)$$

ここで、 k は適当に決める正の定数(フィードバックゲイン)である。なお、 $z > z_{s0}$ の区間では $r = v$ ($= dz/dt$)であるから通電による速度制御は発生しない。

【0044】この電流目標値を電磁石の通電電流として、切替器7を介して閉弁側電磁石電流制御部9または開弁側電磁石電流制御部10に伝達される。ここで、切替器7は、エンジン制御ECU8より開弁指令または閉弁指令を入力し、開弁指令であれば閉弁側電磁石電流制御部10、閉弁指令であれば閉弁側電磁石電流制御部9をそれぞれ選択し、選択された側に電流目標値生成部6が生成する電流目標値を出力する。そして、閉弁側電磁石電流制御部9または開弁側電磁石電流制御部10がPWM制御により電源部13から供給される電流のON/OFF比を制御することにより通電電流の大きさが制御され、結果として可動子に作用する電磁力が制御され、可動部の速度が制御される。

【0045】ここで、第1の制御目標位置を z_{e1} 、そのときの速度目標値を r_{e1} 、第2の制御目標位置を z_{e2} 、そのときの速度目標値を r_{e2} とし、2段階の制御目標位

置を設定する。例えば、閉弁時には、 $z_{e1}=0.3[\text{mm}]$ $r_{e1}=0[\text{m/s}]$ 、 $z_{e2}=0.1[\text{mm}]$ 、 $r_{e2}=0[\text{m/s}]$ と設定する。

【0046】なお、制御目標位置の切り換えについては、センサで検出された可動子の位置及び速度から、略 $z = z_{e1}$ 、 $v = r_{e1}$ となったときに、制御目標位置を $z = z_{e2}$ に切り換えて設定する。

【0047】ここで、第1の制御目標位置 z_{e1} は、弁体が閉弁着座した時点の可動子位置近傍(閉弁着座時の位置よりやや電磁石より)に設定され、これにより、弁体の閉弁着座時の速度を十分小さくできるので、着座の衝撃を小さくでき、衝突音を軽減できる。また、第2の制御目標位置を z_{e2} を、第1の制御目標位置 z_{e1} より小さく設定することで、閉弁着座後に弁体から切り離された可動子は、さらに閉弁用電磁石に近づけられた位置で電磁石と非接触に宙吊り状態で停止するように制御される(以下かかる制御を宙吊り制御という)。この場合、電磁吸引力は、電磁石に接近するほど急激に増大する特性を有するので、可動子を電磁石に接近した位置で停止させるほど、通電電流は小さく済み、消費電力を節減できる。

【0048】しかし、上記可動子の宙吊り制御は、電磁吸引力が増大して可動子を電磁石に接近させる方向に作用コイルスプリングのバネ力と電磁石に電磁吸引力とが釣り合って可動子が停止している状態から、外乱により可動子が電磁石に接近すると、電磁吸引力が増大して可動子をさらに電磁石に接近させる方向に作用し、逆に可動子が電磁石から遠ざかると電磁吸引力が減少して可動子をさらに電磁石から遠ざけるに方向に作用するという不安定系であり、宙吊り状態を維持するためには、速やかなフィードバック応答性が要求される。前記のように、電磁吸引力は、電磁石に接近するほど急激に増大するので、ある程度以上接近すると宙吊り制御が難しくなり、電磁石へ吸着されやすくなる(電磁石から離れる方向は、通電電流を最大限にすることで阻止することが可能であるが、接近する方向は可動子と電磁石との距離が短いこともあるので、通電電流を弱めても間に合わず、一旦電磁石に吸着されると、再度宙吊り制御を行なうことは不可能となる)。

【0049】そこで、より安定した宙吊り制御を行なって可動子の衝突抑止効果を高め、少しでも静謐性を重視するならば、図5のように、第2の制御目標位置を z_{e2} を、大きめの値に設定すればよいが、消費電力をより節減することを重視するならば、図6のように、第2の制御目標位置を z_{e2} を、小さめの値に設定すればよい。後者の場合、宙吊り制御に失敗して電磁石に吸着される場合もありうることになるが、例えば、10回につき1回の割合で失敗して電磁石に吸着し、衝突音が発生したとしても、最初から着座制御する場合に比較して、1/10で済むことになる。また、閉弁時は、弁体着座時の衝

突音が避けられず、該衝突音発生後瞬時の後に連続的に音を生じても、可動子のみの衝突音は弁体着座時（弁体と可動子の合計の質量が衝突する）の衝突音と比較して小さいこともある、それほど音が増大した感じがしなくて済む。

【0050】更に消費電力の節減を重視するならば、図7に示すように、第2の制御目標位置を z_{e2} を、電磁石との吸着位置として可動子を着座制御するようにしてもよく、その場合でも、速度目標値を0に近づけることで、衝突音を可及的に低減することが可能である。

【0051】次に、開弁時の制御の実施の形態について説明する。開弁時は、閉弁時と異なり弁体を着座制御する必要がない。したがって、極力安定した宙吊り制御を行なって、衝突音の発生を確実に防止することを図る。閉弁時から時間をおいた開弁時に、衝突音が発生するのとしないのとでは、感覚的に大きな差があるからである。一方、開弁時は、吸・排気弁の応答性を高めるため、初期の開弁速度を大きくすることが要求される。可動子の制御目標位置を1個設定しただけでは、これら両方の要求を満たすことはできない。

【0052】そこで、開弁時も可動子の制御目標位置を2段階に切り換えて設定する。すなわち、先に設定される可動子の第1の制御目標位置 z_{e1} は、開弁用電磁石に接近した小さ目の値に設定し、後で設定される第2の制御目標位置 z_{e2} は、開弁用電磁石からの距離を大きくするよう大き目の値に設定する。

【0053】このようにすれば、図8に示すように、開弁初期は可動子の第1の制御目標位置 z_{e1} が小さめに設定されることで、可動子及び可動子と一体の弁体の移動速度を大きくして応答性を高めることができ、開弁後期は可動子の第1の制御目標位置 z_{e2} が大きめに設定されることで、安定した宙吊り制御を行なって衝突音の発生を確実に防止することができる。

【0054】また、制御としては、図8に示すように、可動子が第1の制御目標位置 z_{e1} に移動して安定してから第2の制御目標位置 z_{e2} に切り換えるのが、容易かつ高精度に行なえるが、図9に示すように、可動子が第1の制御目標位置 z_{e1} に移動すると同時に若しくはその前に第2の制御目標位置 z_{e2} に切り換えて、安定した宙吊り制御に早めに移行させるようにしてもよい。

【0055】図10、図11は、前記制御装置1の動作のフローチャートである。図10は、所定時間毎に可動部の位置と速度とを読み込んで、速度目標関数の算出、電流目標値の算出及び出力を実行する第1のフローを示し、図11は、エンジン制御ECUからの弁開閉指令により閉弁側電磁石電流制御部9と開弁側電磁石電流制御部10とを選択切換する第2のフローを示す。いずれのフローも制御装置1に内蔵される図示されないタイマーにより計測される所定時間を周期として実行される。

【0056】まず、図10を参照して第1のフローにつ

いて説明する。ステップ（図ではSと記す。以下同様）1では、可動部位置センサ3及び可動部速度センサ2から位置信号 z 及び速度信号 v を読み込む。

【0057】ステップ2では、前記速度目標値生成部5で速度目標関数 r を算出する。ステップ3では、前記比較部4及び電流目標値生成部6の協動により電磁石に通電すべき電流目標値 i を算出する。

【0058】ステップ4では、前記算出された電流目標値 i を切替器7により選択された閉弁側電磁石電流制御部9または開弁側電磁石電流制御部10のいずれか一方に供給する。

【0059】次に、図11を参照して第2のフローについて説明する。ステップ11では、エンジン制御ECU8から弁開閉指令を読み込む。ステップ12では、開弁指令か否かを判定し、開弁指令であれば、ステップ13で開弁側電磁石電流制御部10を電流目標値生成部6に接続するよう切替器7を切り替える。

【0060】ステップ12の判定で開弁指令でなければ、ステップ14で閉弁指令か否かを判定し、閉弁指令であれば、ステップ15で閉弁側電磁石電流制御部9を電流目標値生成部6に接続するよう切替器7を切り替える。

【0061】以上のように、第1のフローと、第2のフローとは並列に実行可能であるが、直列に実行することもでき、その場合は、時間待ちを含まない第2のフローを先に実行するのが好ましい。

【0062】図12は、前記第1のフローにおけるステップ2での速度目標関数 r を算出するサブルーチンを示す。ステップ21では、可動子57と可動子57を引きつけている電磁石とのギャップ z が、前記第2の所定値 z_s より大きいかを判定し、大きいと判定された場合は、ステップ22で前記式(2)に示した第1の速度目標関数 r_1 を算出する。ここで、前記ギャップ z が前記第1の所定値 z_{s0} より大きいときには、可動子の実際の速度 v が r_1 より大きいので、前記式(8)に従って通電は開始されず、ギャップ z が z_{s0} 以下となってから該第1の速度目標関数 r_1 に応じた通電による速度制御が開始される。

【0063】また、ステップ21の判定がNOである場合には、ステップ23でギャップ z が略第2の所定値 z_s 以下となったかを判定し、略第2の所定値 z_s 以下となった場合は、ステップ24で前記式(3)で示される第2の速度目標関数 r_2 における定数 c_1 を前記式(4)に従って算出した後、ステップ25で該式(3)又は(5)で示される第2の速度目標関数 r_2 を算出する。

【0064】ステップ23の判定がNOである場合、つまりギャップ z が第2の所定値 z_s より小さくなった後は、ステップ26で前記算出された定数 c_1 を用いて式(3)又は(5)で示される第2の速度目標関数 r_2 を算出する。

【0065】次に、本発明にかかる可動子の制御目標位置を複数段階に切り換える制御を、図13に基づいて説明する。該制御は、前記図12のステップ25において、前記式(3)又は(5)により第2の速度目標関数 r_2 を算出する際に、可動子の制御目標位置 z_e を切り換える制御である。

【0066】ステップ31では、可動部位置センサ3及び可動部速度センサ2から位置信号 z 及び速度信号 v を読み込む。ステップ32では、前記信号から可動子の位置 z と速度 v が、それぞれ略第1の制御目標位置 z_{e1} 及び第1の速度目標値 r_{e1} になったかを判定する。

【0067】 z_{e1} 及び r_{e1} になつてないと判定されたときは、ステップ33へ進み、制御目標位置 z_e を第1の制御目標位置 z_{e1} 、速度目標値 r_e を第1の速度目標値 r_{e1} に設定する。これにより、前記図12のステップ25において、該第1の制御目標位置 z_{e1} 及び第1の速度目標値 r_{e1} を用いて、前記式(3)又は(5)により第2の速度目標関数 r_2 が算出される。そして、該算出された第2の速度目標関数 r_2 によって、図10のステップ3, 4により、電流目標値 i が算出され、該算出された電流目標値 i が閉弁側電磁石電流制御部9または開弁側電磁石電流制御部10のいずれか一方に供給されて通電制御が行なわれる。

【0068】また、ステップ32で、可動子の位置 z と速度 v が略 z_{e1} 及び r_{e1} になつたと判定されたときは、ステップ34へ進み、制御目標位置 z_e を第2の制御目標位置 z_{e2} 、速度目標値 r_e を第2の速度目標値 r_{e2} に設定する。これにより、前記図12のステップ25において、該第2の制御目標位置 z_{e2} 及び第2の速度目標値 r_{e2} を用いて、前記式(3)又は(5)により第2の速度目標関数 r_2 が算出され、前記同様に該算出された第2の速度目標関数 r_2 によって、図10のステップ3, 4により、電流目標値 i が算出され、該算出された電流目標値 i が閉弁側電磁石電流制御部9または開弁側電磁石電流制御部10のいずれか一方に供給されて通電制御が行なわれる。

$$\dot{z} = Apz + Bp(f + \gamma)$$

$$x = Cpz$$

$$z = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ x \end{bmatrix}, \quad Ap = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -c/m & -k/m \end{bmatrix}, \quad Bp = \begin{bmatrix} 0 \\ 1/m \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$Cp = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$f = f(x, i)$$

と表される。

【0075】ここで $f(x, i)$ は磁気回路の形状や材質などにより決まる関数であり、磁場解析などの手段によりあらかじめ知ることができる。 γ はバネ力のうち、オフセット荷重成分である。これらの式を元に、可動部

*流制御部10のいずれか一方に供給されて通電制御が行なわれる。

【0069】なお、可動子の制御目標位置 z_e を切り換える本発明の制御は、速度目標関数 r を、上記のように2段階に切り換えることをせず、1つの速度目標関数 r のみを持つものにおいて制御目標位置 z_e 複数段階に切り換えることでも適用できる。

【0070】尚、本実施形態の変形例として、可動部速度センサ2に代えて可動部位置センサ3の出力信号を時間微分して速度信号を得る微分手段を用いても良いことは、明らかである。

【0071】図14は、本発明に係る電磁駆動弁の制御装置の第2実施形態の構成を説明するブロック図である。本実施形態においては、第1実施形態の可動部速度センサ2に代えて、閉弁側電磁石11または開弁側電磁石12に通電される電流値を検出する電磁石電流センサ16と、可動子速度推定部(オブザーバ)17とを備えた制御装置15が用いられている。その他の構成は第1実施形態と同様である。この電磁石電流センサ16は、閉弁側電磁石電流制御部9または開弁側電磁石電流制御部10の出力電流を直列低抵抗により検出してよいし、電磁石11, 12の磁束を検出して電流に換算する形式でもよい。

【0072】本実施形態の特徴は、可動部の速度を直接検出する代わりに、電磁石電流センサ16が検出した電磁石11, 12の通電電流と、可動部位置センサ3が検出した可動部の位置に基づいて、可動子速度推定部17が可動子の速度を推定することである。

【0073】可動部の質量 m 、可動部に関わるバネ定数 k 、可動部に関わる粘性定数 c 、電磁力を F とすると、可動部の運動は、

【0074】

【数5】

の速度は直接可動部速度センサ2で検出する代わりに、位置 x と電流 i から以下の式を用いる可動子速度推定部17で推定することができる。

【0076】

【数6】

$$\begin{aligned}
 \dot{y} &= Ay + H(x - Cy) + Bf(x, i) \\
 \dot{x} &= [0 \quad 1 \quad 0] y \\
 A &= \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ Bp & Ap \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ Bp \end{bmatrix}, \quad C = [0 \quad Cp]
 \end{aligned} \tag{8}$$

ここで \dot{x} は速度 v ($= \dot{x}$) の推定値である。

推定された可動子の速度は、第1実施形態と同様に比較部5へ入力され、以下の処理内容は第1実施形態と同様であり、第1実施形態と同様の効果を得ることができ

*流目標値の算出及び出力を行う第1のフローを示すフローチャート。

10 【図11】同上実施形態における閉弁側電磁石電流制御部と開弁側電磁石電流制御部とを選択切換する第2のフローを示すフローチャート。

【図12】前記第1のフローの速度目標関数算出のサブルーチン示すフローチャート。

【図13】同上実施形態における本発明にかかる可動子の制御目標位置の切り換え制御のフローを示すフローチャート。

【図14】本発明に係る電磁駆動弁の制御装置の第2の実施形態の構成を示すブロック図。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が適用される電磁駆動弁の構成を示す概念図。

【図2】本発明に係る電磁駆動弁の制御装置の第1の実施形態の構成を示すブロック図。

【図3】同上実施形態における速度目標関数の生成法を説明する位置／速度位相面における可動部の軌跡を示すグラフ。

【図4】同上実施形態における速度目標値生成部の構成を示すブロック図。

【図5】同上実施形態における閉弁時の可動子位置の変化の第1の例を示す図。

【図6】同上実施形態における閉弁時の可動子位置の変化の第2の例を示す図。

【図7】同上実施形態における閉弁時の可動子位置の変化の第3の例を示す図。

【図8】同上実施形態における開弁時の可動子位置の変化の第1の例を示す図。

【図9】同上実施形態における開弁時の可動子位置の変化の第2の例を示す図。

【図10】同上実施形態における速度目標関数の算出、電*

【図11】同上実施形態における閉弁側電磁石電流制御部と開弁側電磁石電流制御部とを選択切換する第2のフローを示すフローチャート。

【図12】前記第1のフローの速度目標関数算出のサブルーチン示すフローチャート。

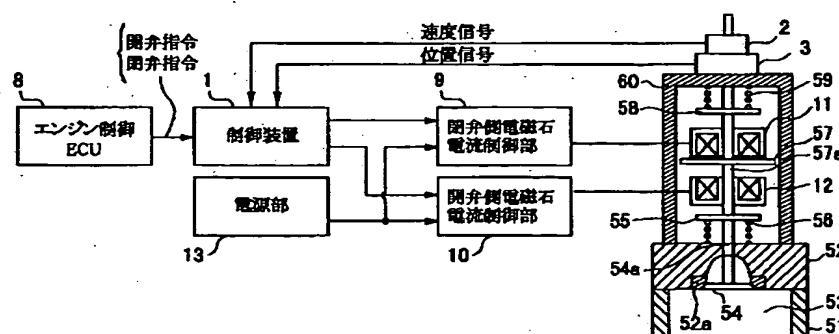
【図13】同上実施形態における本発明にかかる可動子の制御目標位置の切り換え制御のフローを示すフローチャート。

【図14】本発明に係る電磁駆動弁の制御装置の第2の実施形態の構成を示すブロック図。

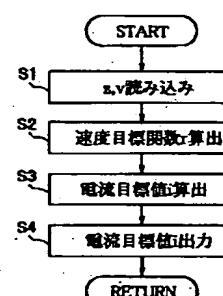
【符号の説明】

- 1 制御装置
- 2 可動部速度センサ
- 3 可動部位置センサ
- 4 比較部
- 5 速度目標値生成部
- 6 電流目標値生成部
- 7 切替器
- 9 閉弁側電磁石制御部
- 10 開弁側電磁石制御部
- 11 閉弁側電磁石
- 12 開弁側電磁石

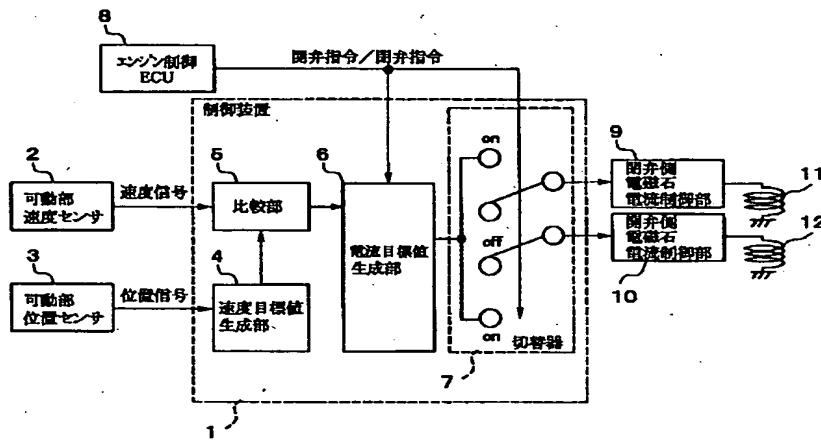
【図1】



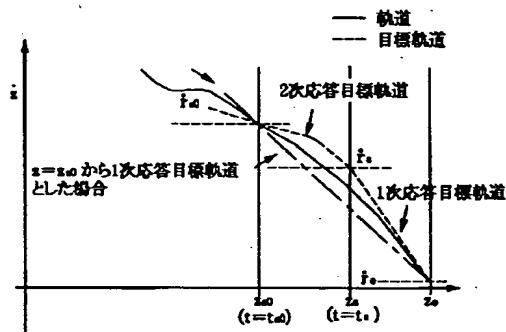
【図10】



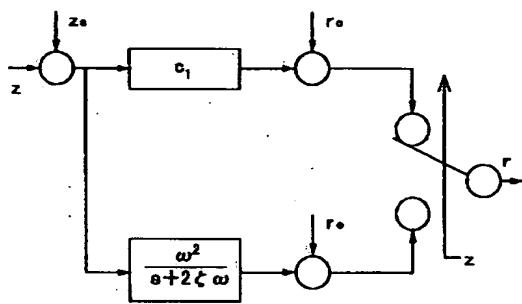
【図2】



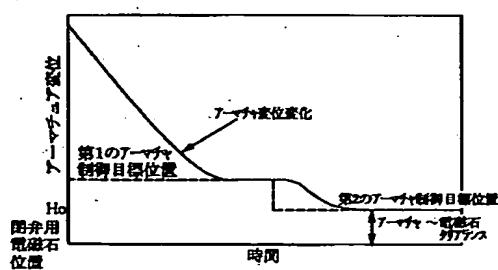
【図3】



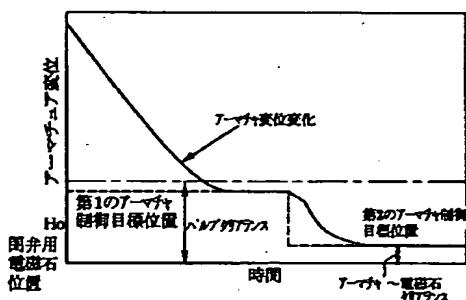
【図4】



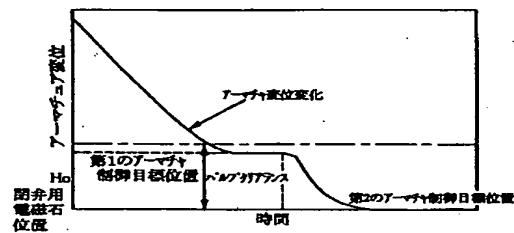
【図5】



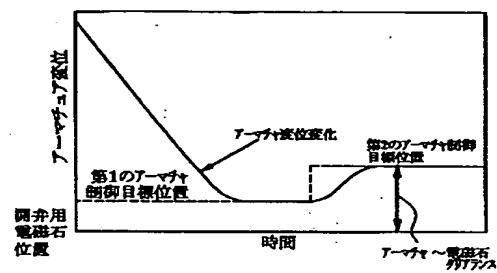
【図6】



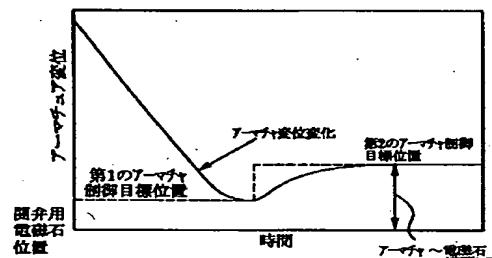
【図7】



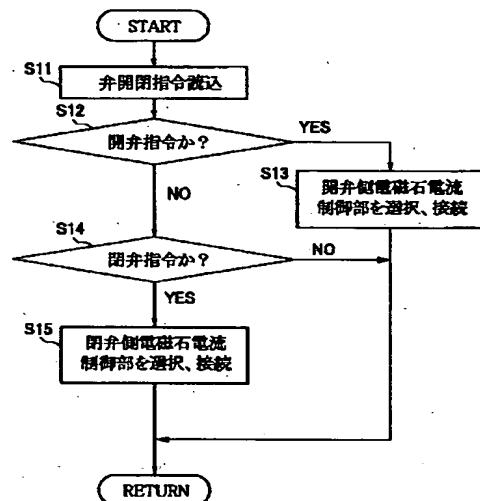
【図8】



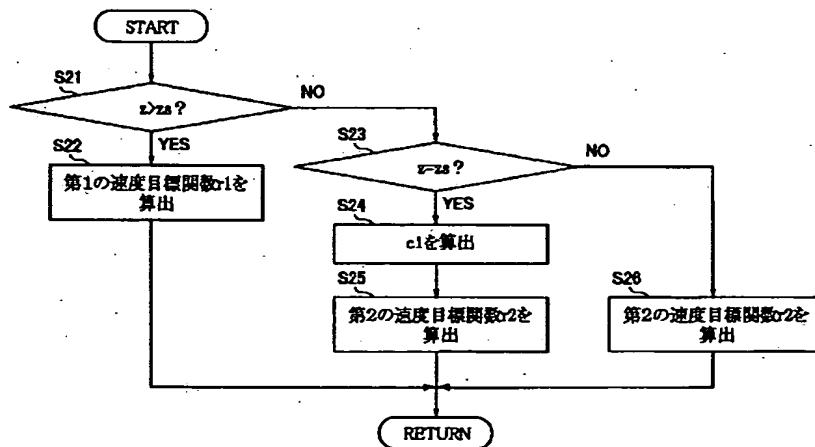
【図9】



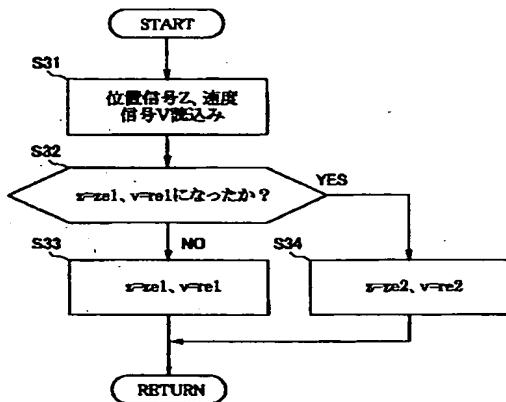
【図11】



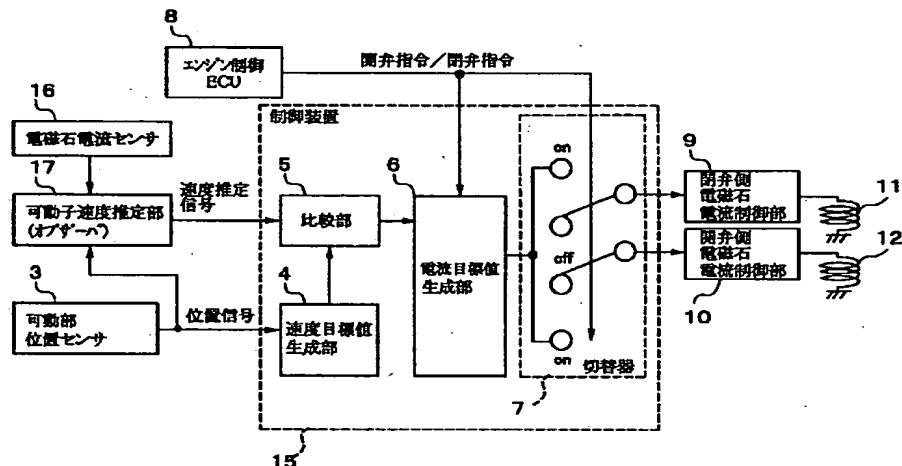
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 谷口 育宏

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

F ターム (参考) 3G018 AB09 AB16 BA38 CA12 DA24
DA35 DA36 DA41 DA66 EA22
EA32 FA06 FA07 GA03 GA06
GA07 GA23 GA31 GA32 GA37
3G092 AA11 DA01 DA02 DA07 DG02
DG09 EA11 EA12 EB03 EC07
FA09 FA14 FA36 HA13X
HA13Z
3H106 DA07 DA25 DB14 DB32 DC02
DC17 DD09 EE04 EE20 EE22
EE30 EE48 FB04 FB26 GC29
HH10 KK17